In the name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful













Module de Biophysique

RAYONNEMENTS ELECTROMAGNETIQUES ET PARTICULAIRES
APPLICATIONS EN MEDECINE

BIOPHYSIQUE DES RAYONNEMENTS

Introduction au LASER

(notions à retenir)

Professeur M. CHEREF

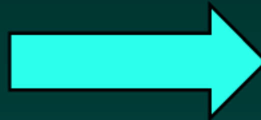
Département de Médecine
Faculté de Médecine – Université ALGER 1

Le LASER : introduction

éléments d’ordre théorique et applications médicales

LASER : définition et caractérisation (1)

L A S E R



L = Light

A = Amplification

S = by Stimulated

E = Emission

R = of Radiations



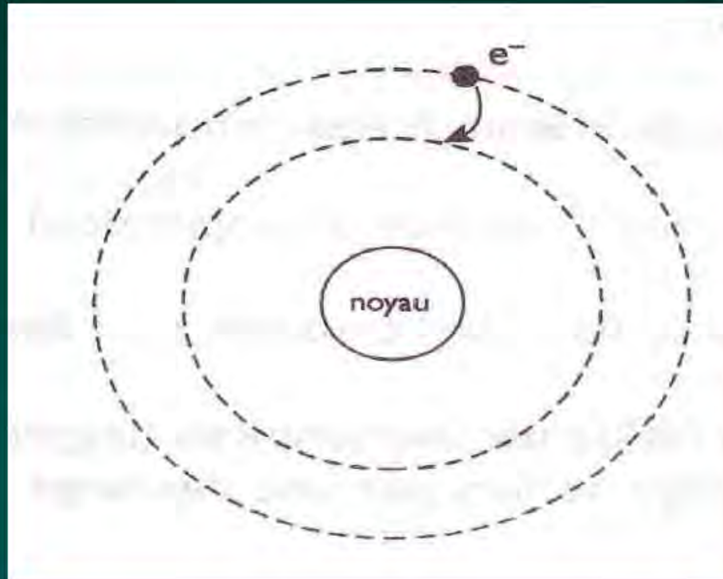
- Rayonnement électromagnétique monochromatique caractérisé par des fréquences allant de l'infrarouge à l'ultraviolet (en passant par le visible)
- Toutes les ondes composant ce rayonnement sont en phase (ondes dites cohérentes)

« faisceau lumineux cohérent de forte énergie »

LASER : définition et caractérisation (2)

Notion d’émission stimulée (1)

un atome excité retourne à un état plus stable en émettant spontanément (délai variable, quelques ns) un photon de fluorescence d’énergie E= hν



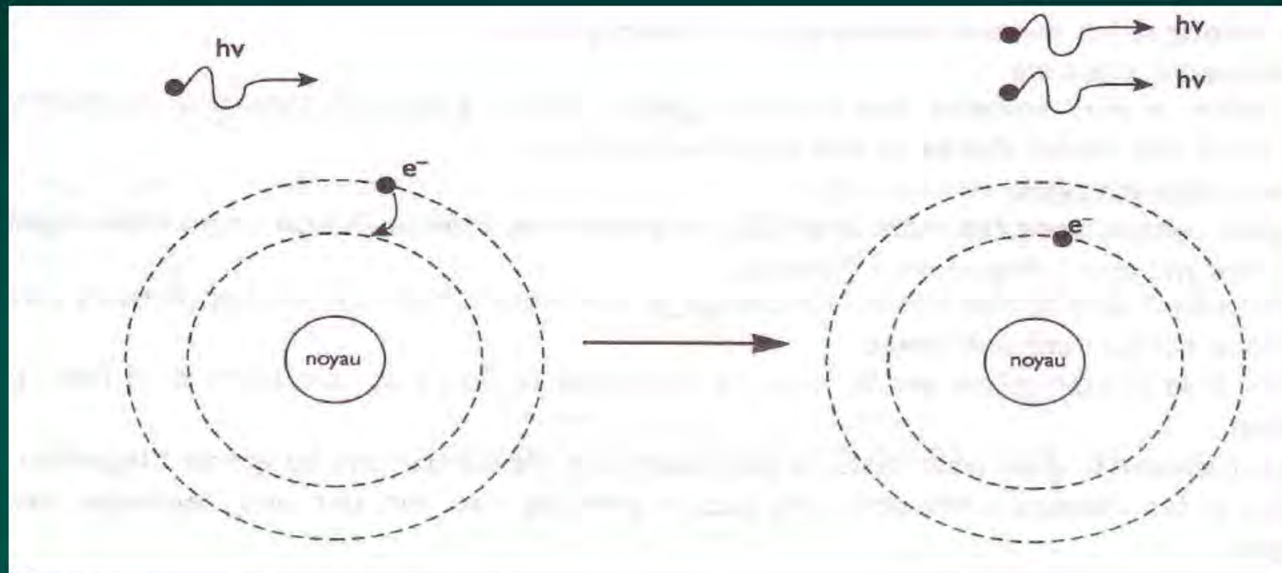


POSSIBILITÉ DE CONTRÔLER OU DE STIMULER L’ÉMISSION DE CE PHOTON

LASER : définition et caractérisation (3)

Notion d'émission stimulée (2)

Si un atome excité émettant spontanément un photon d'énergie hν est stimulé par un photon d'énergie identique hν, alors il y a émission en phase, simultanément et dans la même direction, de ces deux photons d'énergie identique hν





Le retour à l'état stable n'est plus spontané mais provoqué par le photon incident

LASER : définition et caractérisation (4)

La multiplication (1)

La stimulation permet d'obtenir deux photons cohérents

- de même énergie
- en phase
- de même direction



OBTENIR UN FAISCEAU LASER : NECESSITER DE MULTIPLIER CE PHENOMENE

LASER : définition et caractérisation (5)

La multiplication (2)

Processus de multiplication (dans une cavité optique)

- Chaque photon émis stimule à son tour l'émission de photons tous en phase, émis par les atomes excités du milieu
- En plusieurs allers-retours entre les 2 miroirs de la cavité optique, une sélection de direction s'opère et le nombre de photons cohérents augmente

Signal suffisamment intense



le faisceau LASER émerge de la cavité

LASER : définition et caractérisation (6)

L'amplification

L'amplification du signal

- Nécessité que le nombre d'atomes excités soit bien plus important que celui des atomes stables : « configuration d'inversion de populations »
- Nécessité de favoriser le processus de pompage (apport d'énergie extérieure pour exciter les atomes du milieu) : pompage optique, électrique, ou chimique

Nécessité d'un milieu favorable : milieu actif à trois niveaux d'énergie

Milieux pour lesquels les atomes restent suffisamment longtemps dans un état excité

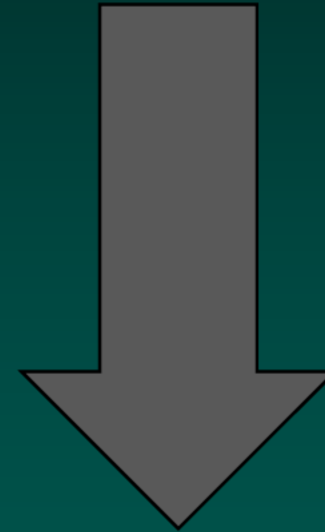
LASER : définition et caractérisation (6)

Types de LASER

Différents types caractérisés par des longueurs d'onde spécifiques

- LASER à milieu actif solide
- LASER à milieu actif gazeux

+ LASER à semi-conducteurs



Applications médicales ad-hoc selon la nature et les spécificités du LASER

LASER : applications médicales (1)

Effets biologiques

Ils dépendent de la longueur d'onde λ, de la durée d'exposition, de l'énergie déposée, de la nature du tissu exposé, de l'absorption du rayonnement



Effet thermique : principalement, l'effet le plus recherché dans le cadre de l'utilisation d'un LASER : exemples de l'hyperthermie tissulaire (# 45°) ou de l'effet de coagulation (# 60°)

Hémostase des petits vaisseaux
(exemple de l'ophtalmologie)

Rétinopathies diabétiques
(hémostase des vaisseaux de la zone péri-fovéale pour augmenter la vascularisation de la fovéa)

LASER : applications médicales (4)

Effets mécaniques

Ils ne sont pas très bien connus et maîtrisés

Il s'agit de LASER de forte énergie avec des temps d'application brefs (ns ou ps)

Propagation d'une onde de choc

Risques possibles

Les risques sont liés principalement aux effets thermiques : brulures et lésions oculaires

Ils sont accrus si la longueur d'onde n'est pas dans le spectre visible

Port obligatoire de lunettes protectrices et éviter les surfaces réfléchissantes

LASER : applications médicales (6)

OPHTALMOLOGIE

Absence d'absorption par les milieux transparents (cornée, cristallin, vitrée)

Absorption importante par la mélanine (rétine) et l'hémoglobine (vaisseaux)

Traitement des décollements de rétine : photocoagulation à la périphérie des zones de déchirures pour les fixer

Chirurgie de la myopie

CHIRURGIE

Hémostase (Argon ou YAG) : actions sur les petits vaisseaux, par exemple

Destruction tissulaire (CO2) : fibre optique intégrée à une endoscope pour détruire de petites tumeurs du système digestif

Découpe chirurgicale (CO2) : permet d'obtenir une coupe rapide, précise associée à une bonne cicatrisation